

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»

УТВЕРЖДАЮ
Директор по образовательной
деятельности

_____ С.Т. Князев
«__» _____

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА МОДУЛЯ

Код модуля	Модуль
1144097	Физические основы реакторных технологий

Екатеринбург

Перечень сведений о рабочей программе модуля	Учетные данные
Образовательная программа 1. Ядерные физика и технологии	Код ОП 1. 14.03.02/33.01
Направление подготовки 1. Ядерные физика и технологии	Код направления и уровня подготовки 1. 14.03.02

Программа модуля составлена авторами:

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Сутормина Мария Игоревна	кандидат физико- математических наук, нет	доцент	технической физики

Согласовано:

Управление образовательных программ

Р.Х. Токарева

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МОДУЛЯ Физические основы реакторных технологий

1.1. Аннотация содержания модуля

Модуль реализуется на 7 семестре, включает две дисциплины «Теплофизика» и «Физическая гидрогазодинамика». Изучение данного модуля направлено на понимание различных процессов преобразования и переноса массы, импульса и энергии. Изучаются физические аспекты процессов теплообмена, процессы теплопроводности в твердых телах, распространение тепла в жидкостях и газах, теплообменные аппараты и теплообмен в ядерных реакторах и энергетических установках.

1.2. Структура и объем модуля

Таблица 1

№ п/п	Перечень дисциплин модуля в последовательности их освоения	Объем дисциплин модуля и всего модуля в зачетных единицах
1	Теплофизика	3
2	Физическая гидрогазодинамика	3
ИТОГО по модулю:		6

1.3. Последовательность освоения модуля в образовательной программе

Пререквизиты модуля	Не предусмотрены
Постреквизиты и кореквизиты модуля	Не предусмотрены

1.4. Распределение компетенций по дисциплинам модуля, планируемые результаты обучения (индикаторы) по модулю

Таблица 2

Перечень дисциплин модуля	Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения (индикаторы)
1	2	3
Теплофизика	ПК-4 - Способен контролировать параметры содержания радиоактивных газов и аэрозолей в воздухе производственных помещений и в атмосферном воздухе	З-2 - Перечислить физические законы, определяющие движение сплошной среды, основные физико-математические модели и методы описания гидро- и газодинамических течений У-3 - Практически применять математический аппарат гидро-газодинамики для решения типовых задач

		<p>П-2 - Демонстрировать навыки планирования и проведения физических экспериментов по измерению параметров гидродинамических течений</p>
	<p>ПК-5 - Способен организовать и провести работы, связанные с учетом ядерных материалов и обеспечением ядерной безопасности при хранении, использовании и транспортировке ядерного топлива на атомных станциях</p>	<p>З-1 - Перечислить основные законы теплообмена, фундаментальные законы в области физики, конденсированного состояния вещества</p> <p>У-1 - Анализировать нормативные документы в области ядерной безопасности и ядерного нераспространения, в т.ч. для хранения, продажи, передачи ядерных материалов и технологий</p> <p>П-2 - Разрабатывать методы расчета теплообменных аппаратов, методы математического анализа и моделирования; методы решения задач анализа и расчета характеристик физических систем</p>
	<p>ПК-6 - Способен эксплуатировать и обслуживать оборудование и трубопроводы, основных фондов реакторного отделения атомных электростанций</p>	<p>З-1 - Изложить исторические предпосылки и современную картину мира на основе целостной системы естественно-научных знаний о проблеме использования ядерной энергии</p> <p>У-2 - Прогнозировать поведение конструкционных материалов реактора в процессе его эксплуатации</p> <p>П-1 - Демонстрировать владение базовыми моделями процессов и явлений, связанных с эксплуатацией ядерных энергетических установок</p>
	<p>ПК-7 - Способен получать и обрабатывать информацию о контролируемых параметрах, характеризующих радиационное состояние АЭС и окружающей среды при всех режимах работы АЭС, включая аварии, а также состояние АЭС при выводе из эксплуатации</p>	<p>З-1 - Привести примеры методов расчета физических, математических моделей материалов и процессов</p> <p>У-1 - Идентифицировать различные виды физических, в том числе ионизирующих, излучений для получения информационных сигналов о свойствах исследуемых материалов и объектов</p> <p>П-1 - Создавать теоретические и математические модели, описывающие теплогидравлические процессы в ядерных реакторах, ускорителях, а также системах ядерной безопасности на производстве</p>

Физическая гидрогазодинамика	ПК-4 - Способен контролировать параметры содержания радиоактивных газов и аэрозолей в воздухе производственных помещений и в атмосферном воздухе	<p>З-1 - Привести примеры областей применения сплошнородного описания</p> <p>З-2 - Перечислить физические законы, определяющие движение сплошной среды, основные физико-математические модели и методы описания гидро- и газодинамических течений</p> <p>З-3 - Описать основные физические результаты и факты, а также способы решения типовых задач</p> <p>У-1 - Определять возможность применения гидродинамического описания</p> <p>У-2 - Физически интерпретировать математический аппарат гидрогазодинамики</p> <p>У-3 - Практически применять математический аппарат гидрогазодинамики для решения типовых задач</p> <p>П-1 - Сопровождать системы контроля и автоматизированного управления ядерно-физическими установками</p> <p>П-2 - Демонстрировать навыки планирования и проведения физических экспериментов по измерению параметров гидродинамических течений</p>
	ПК-5 - Способен организовать и провести работы, связанные с учетом ядерных материалов и обеспечением ядерной безопасности при хранении, использовании и транспортировке ядерного топлива на атомных станциях	<p>З-1 - Перечислить основные законы теплообмена, фундаментальные законы в области физики, конденсированного состояния вещества</p> <p>У-2 - Выводить закономерность уравнения переноса импульса, тепла и массы, использовать математические методы в технических приложениях</p> <p>У-3 - Выбирать алгоритм решения уравнения и системы дифференциальных уравнений применительно к реальным процессам</p>

1.5. Форма обучения

Обучение по дисциплинам модуля может осуществляться в очной формах.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Теплофизика

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Мелких Алексей Вениаминович	доктор физико- математических наук, доцент	Профессор	технической физики

Рекомендовано учебно-методическим советом института Физико-технологический

Протокол № 9 от 14.05.2021 г.

1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

- Мелких Алексей Вениаминович, Профессор, технической физики

1.1. Технологии реализации, используемые при изучении дисциплины модуля

- Традиционная (репродуктивная) технология
- Разноуровневое (дифференцированное) обучение
 - Базовый уровень

**Базовый I уровень – сохраняет логику самой науки и позволяет получить упрощенное, но верное и полное представление о предмете дисциплины, требует знание системы понятий, умение решать проблемные ситуации. Освоение данного уровня результатов обучения должно обеспечить формирование запланированных компетенций и позволит обучающемуся на минимальном уровне самостоятельности и ответственности выполнять задания;*

Продвинутый II уровень – углубляет и обогащает базовый уровень как по содержанию, так и по глубине проработки материала дисциплины. Это происходит за счет включения дополнительной информации. Данный уровень требует умения решать проблемы в рамках курса и смежных курсов посредством самостоятельной постановки цели и выбора программы действий. Освоение данного уровня результатов обучения позволит обучающемуся повысить уровень самостоятельности и ответственности до творческого применения знаний и умений.

1.2. Содержание дисциплины

Таблица 1.1

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины*	Содержание
P1	Теплопроводность	Закон Био-Фурье. Теплопроводность газов. Теплопроводность конденсированных сред. Теплопроводность твердых тел и жидкостей. Закон Видемана-Франца. Границы применимости закона Био-Фурье. Перенос тепла в ультраразреженных газах. Уравнение теплопроводности. Температуропроводность. Уравнение теплопроводности с учетом конечной скорости распространения тепла. Краевые условия и типы краевых задач. Теплопроводность в неограниченной среде. Метод интегральных преобразований. Теплопроводность в ограниченной среде. Фундаментальное решение уравнения теплопроводности. Стационарный и нестационарный

		<p>случай.</p> <p>Решение уравнения теплопроводности методом функций Грина.</p> <p>Методы нахождения функций Грина. Примеры решения задач с помощью функций Грина. Возраст Земли по Кельвину.</p> <p>Устойчивость уравнения теплопроводности. Задача Франк-Каменецкого. Активные среды.</p> <p>Саморазогрев полупроводников. Автоколебания.</p> <p>Термоэлектричество. Холодильник Пельтье.</p> <p>Термогенератор.</p> <p>Теплообмен излучением. Кинетическое уравнение для фотонов.</p> <p>Диффузия излучения. Теплообмен в вакуумных системах</p>
<p>P2</p>	<p>Конвективный теплообмен</p>	<p>Уравнения конвективного теплообмена. Метод размерности и подобия. Нестационарная задача о пластине.</p> <p>Устойчивость механического равновесия жидкости.</p> <p>Конвекция Рэля-Бенара. Число Рэля.</p> <p>Конвекция в параллельных каналах. Критическое число Рэля.</p> <p>Теплоотдача при свободной гравитационной конвекции. Число Грасгофа.</p> <p>Неустойчивость Марангони. Число Марангони.</p> <p>Вязкая диссипация. Вязкостный взрыв. Саморазогрев при течении Пуазейля.</p> <p>Теплоотдача в трубах и каналах. Теплоотдача при турбулентном течении. Турбулентная теплопроводность.</p> <p>Теплообмен при вынужденном обтекании тела.</p> <p>Аэродинамический нагрев. Гиперзвуковое обтекание.</p> <p>Горение. Ударные волны при горении и взрыве.</p> <p>Детонация.</p> <p>Ионизация газа. Формула Саха. Теплоемкость плазмы.</p>

		<p>Ударная адиабата с учетом ионизации, диссоциации и излучения.</p> <p>Вмороженность магнитного поля в плазме.</p> <p>Перезамыкание магнитных линий. Пятна на Солнце.</p> <p>Магнитозвуковые волны. Бесстолкновительные ударные волны. Затухание Ландау.</p>
<p>РЗ</p>	<p>Теплообмен при фазовых переходах и технологических процессах</p>	<p>Поверхностное натяжение. Равновесные капиллярные поверхности. Число Бонда.</p> <p>Испарение. Испарительный охладитель. Охлаждение при испарении.</p> <p>Разделение веществ при испарении. Условие перемешивания смеси.</p> <p>Испарительные тепловые трубы. Закон Дарси. Баланс давлений в тепловой трубе.</p> <p>Теплообмен при пузырьковом кипении. Отрывной диаметр пузырька.</p> <p>Кризис теплоотдачи при кипении. Кривая Нукиямы.</p> <p>Эффект Лейденфроста. Капля на раскаленной сковороде.</p> <p>Осциллирующие тепловые трубы. Зависимость времени работы тепловой трубы от числа витков.</p> <p>Эвтектика. Контактное плавление. Скорость движения фронта плавления. Поверхностное кипение жидкостей.</p> <p>Задача Стефана. Движение межфазной границы. Рост кристаллов из расплава.</p> <p>Неустойчивость межфазной границы. Дендриты.</p> <p>Фрактальная размерность.</p> <p>Переконденсация. Рост зерен в твердом растворе.</p> <p>Десублимация. Задача разделения веществ при вымораживании.</p> <p>Десублимация и квазижидкий слой. Оценка температуры предплавления.</p> <p>Сверхкритическая жидкость.</p> <p>Особенности теплообмена в ядерных реакторах.</p>

		Постановка задачи на теплофизический расчет реактора. Свойства теплоносителей ядерных реакторов.
--	--	---

1.3. Направление, виды воспитательной деятельности и используемые технологии

Таблица 1.2

Направление воспитательной деятельности	Вид воспитательной деятельности	Технология воспитательной деятельности	Компетенция	Результаты обучения
Профессиональное воспитание	учебно-исследовательская, научно-исследовательская	Технология самостоятельной работы	ПК-7 - Способен получать и обрабатывать информацию о контролируемых параметрах, характеризующих радиационное состояние АЭС и окружающей среды при всех режимах работы АЭС, включая аварии, а также состояние АЭС при выводе из эксплуатации	У-1 - Идентифицировать различные виды физических, в том числе ионизирующих, излучений для получения информационных сигналов о свойствах исследуемых материалов и объектов

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Теплофизика

Электронные ресурсы (издания)

- Архипов, В., В.; Физико-химические основы процессов теплообмена : учебное пособие.; Издательство Томского политехнического университета, Томск; 2015; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=442086> (Электронное издание)
- Эккерт, Э. Р., Фурманова, Э. М., Малявская, Г. Р., Шашкова, Л. Б., Лыков, А. В.; Теория тепло- и массообмена : монография.; Государственное энергетическое издательство, Москва; 1962; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=213876> (Электронное издание)
- Карслоу, Г. С., Померанцев, А. А., Швидковский, Е. Г., Предводителей, А. С.; Теория теплопроводности; Государственное издательство технико-теоретической литературы, Москва, Ленинград; 1947; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=213693> (Электронное издание)
- Гельфанд, И. М.; Обобщенные функции и действия над ними : учебное пособие.; Государственное издательство физико-математической литературы, Москва; 1959; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=459735> (Электронное издание)

5. Карслоу, Г., Г., Померанцев, А. А.; Теплопроводность твердых тел; Наука, Москва; 1964; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=222276> (Электронное издание)

Печатные издания

1. Вакулин, А. А.; Теплофизика и теоретическая теплотехника : учебное пособие.; Издательство Тюменского государственного университета, Тюмень; 2019 (2 экз.)
2. Николаев, Г. П.; Теплофизика : учеб. пособие [для вузов].; [УГТУ-УПИ], Екатеринбург; 2001 (1 экз.)
3. Николаев, Г. П., Селезнев, В. Д.; Лекции по теплофизике : учебник.; УГТУ-УПИ, Екатеринбург; 2005 (2 экз.)
4. Кутателадзе, Самсон Семенович., С. С.; Основы теории теплообмена; Атомиздат, Москва; 1979 (15 экз.)
5. Лыков, А. В.; Тепломассообмен : Справочник.; Энергия, Москва; 1978 (8 экз.)
6. Ландау, Л. Д.; Теоретическая физика : Учеб. пособие для физ. спец. ун-тов: В 10 т. Т. 6. Гидродинамика; Наука, Москва; 1988 (8 экз.)
7. , Петухов, Б. С., Генин, Л. Г., Ковалев, С. А., Соловьев, С. Л.; Теплообмен в ядерных энергетических установках : Учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по специальностям "Теплофизика" и "Атом. электр. станции и установки" направления "Техн. физика".; МЭИ, Москва; 2003 (13 экз.)
8. Кутателадзе, С. С.; Теплопередача и гидродинамическое сопротивление : Справ. пособие.; Энергоатомиздат, Москва; 1990 (11 экз.)
9. Галин, Н. М., Кириллов, П. Л.; Тепломассообмен (в ядерной энергетике : Учеб. пособие для вузов.; Энергоатомиздат, Москва; 1987 (19 экз.)

Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы

Материалы для лиц с ОВЗ

Весь контент ЭБС представлен в виде файлов специального формата для воспроизведения синтезатором речи, а также в тестовом виде, пригодном для прочтения с использованием экранной лупы и настройкой контрастности.

Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

1. Википедия – свободная энциклопедия: <http://ru.wikipedia.org/wiki/>
2. Зональная библиотека УрФУ: <http://lib.urfu.ru>

3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Теплофизика

Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением

Таблица 3.1

№ п/п	Виды занятий	Оснащённость специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения
-------	--------------	---	---

1	Лекции	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Периферийное устройство</p> <p>Персональные компьютеры по количеству обучающихся</p> <p>Подключение к сети Интернет</p>	Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM
2	Практические занятия	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Периферийное устройство</p> <p>Персональные компьютеры по количеству обучающихся</p> <p>Подключение к сети Интернет</p>	Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Физическая гидрогазодинамика

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Бирзина Анна Ильинична	кандидат физико-математических наук, без ученого звания	Доцент	технической физики

Рекомендовано учебно-методическим советом института Физико-технологический

Протокол № 9 от 14.05.2021 г.

1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

- Бирзина Анна Ильинична, Доцент, технической физики

1.1. Технологии реализации, используемые при изучении дисциплины модуля

- Традиционная (репродуктивная) технология
- Разноуровневое (дифференцированное) обучение
 - Базовый уровень

**Базовый I уровень – сохраняет логику самой науки и позволяет получить упрощенное, но верное и полное представление о предмете дисциплины, требует знание системы понятий, умение решать проблемные ситуации. Освоение данного уровня результатов обучения должно обеспечить формирование запланированных компетенций и позволит обучающемуся на минимальном уровне самостоятельности и ответственности выполнять задания;*

Продвинутый II уровень – углубляет и обогащает базовый уровень как по содержанию, так и по глубине проработки материала дисциплины. Это происходит за счет включения дополнительной информации. Данный уровень требует умения решать проблемы в рамках курса и смежных курсов посредством самостоятельной постановки цели и выбора программы действий. Освоение данного уровня результатов обучения позволит обучающемуся повысить уровень самостоятельности и ответственности до творческого применения знаний и умений.

1.2. Содержание дисциплины

Таблица 1.1

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины*	Содержание
P0	Введение. Основные положения МСС	Предмет механики сплошных сред (МСС). О моделях механического движения. Последовательность модельных представлений в механике. Аналитическая механика точки в твердом теле. МСС – дальнейшее обобщение механики точки и твердого тела. Понятие сплошной среды. МСС и кинетическая теория. Бесконечно малые в МСС. Пределы применимости МСС. Элемент объема, характерный размер задачи. Бесконечно малый промежуток времени в МСС. Характерное время задачи.
P1	Теория упругости	Тензор относительной деформации. Тензор деформации и тензор поворота. Тензор деформации, физический смысл его компонент. Полная деформация элемента объема. Силы массовые, объемные и поверхностные. Тензор напряжений. Сила давления. Работа внутренних сил. Сохранение циркуляции скорости сил. Изменение внутренней энергии среды при деформациях. Изменение

		<p>свободной энергии среды при деформациях. Свободная энергия деформируемого тела. Коэффициенты Ламэ. Тензор сдвига. Тензор всестороннего сжатия. Закон Гука. Изменение объёма тела при деформации. Изменение свободной энергии деформируемой среды. Однородная деформация (растяжение стержня). Модуль Юнга и коэффициент Пуассона. Свободная энергия неизотермического деформирования. Уравнения равновесия изотропных тел. Тензор скоростей деформации. Тензор скорости поворота. Уравнение непрерывности, движения сплошной среды и сохранения момента количества движения. Доказательство симметричности тензора напряжений. Тензор плотности потока импульса. Физический смысл его компонент. Уравнение сохранения внутренней энергии. Вектор плотности потока полной энергии (вектор Умова-Пойтинга). Фундаментальная замкнутая система уравнений движения сплошной среды. Начальные и краевые условия. Существование и единственность решений. Модели сплошных сред: твердое тело, жидкость, газ. Время релаксации напряжений. Полный тензор напряжений для ньютоновских жидкостей и газов. Уравнение распространения малых упругих возмущений. Продольные и поперечные волны, их скорость распространения.</p>
<p>P2</p>	<p>Идеальная жидкость</p>	<p>Замкнутая система уравнений для идеальной жидкости. Уравнение Эйлера. Уравнение сохранения внутренней энергии. Изэнтропическое движение. Уравнение Эйлера в форме Громека. Уравнение Бернулли. Уравнение стационарного, потенциального, изэнтропического движения идеальной жидкости в поле силы тяжести. Уравнение Бернулли для сжимаемой и несжимаемой жидкости. Уравнение Бернулли для линии тока и для нестационарного движения. Скорость истечения идеальной несжимаемой жидкости из сосуда.</p>

		<p>Распределение давления в трубе переменного сечения.</p> <p>Влияние сжимаемости среды. Критерий для учета сжимаемости. Вихревое движение. Теорема Томсона.</p> <p>Теорема Гельмгольца для интенсивности вихревой трубки. Прямолинейная одиночная вихревая нить.</p> <p>Вихревое движение по замкнутым траекториям. Примеры вихревых движений Вихревые кольца. Вихревое движение в природе. Уравнение для потенциала скорости при потенциальном движении идеальной несжимаемой жидкости (уравнение Лапласа). Граничные условия.</p> <p>Плоское движение несжимаемой жидкости. Функция тока.</p> <p>Свойства функции тока. Ортогональность линий тока и эквипотенциальных линий Методы решений уравнений движения идеальной жидкости. Метод конформных отображений. Распределение скорости и давления вблизи цилиндра. Парадокс Даламбера. Обтекание цилиндра с циркуляцией. Эффект Магнуса. Теорема и правило Жуковского. Графоаналитический метод. Суперпозиция прямолинейного поступательного потока и плоского источника. Нестационарное движение бесконечного цилиндра в идеальной несжимаемой жидкости.</p> <p>Распределение скорости и давления вблизи цилиндра.</p> <p>Присоединённая масса.</p>
<p>РЗ</p>	<p>Вязкая жидкость</p>	<p>Уравнение Навье-Стокса для вязкой жидкости. Уравнение движения вихря. Изменение скорости углового вращения вихря в пространстве и во времени. Диссипация кинетической энергии в несжимаемой вязкой жидкости.</p> <p>Задача Куэтта. Плоское и цилиндрическое течение Пуазейля. Распределение скорости потока и её среднее значение. Объёмный и массовый расход. Истечение жидкости из сосуда через капилляр с известными геометрическими параметрами. Вискозиметр Энглера.</p> <p>Метод квазистационарного потока. Движение жидкости между двумя вращающимися цилиндрами. Обтекание шара медленным потоком вязкой жидкости (задача</p>

		<p>Стокса). Распределение скорости и давления около обтекаемого шара и на его поверхности. Уточнение Осеена</p>
P4	Теория подобия	<p>Подобие в гидродинамике. Безразмерная форма уравнения Навье-Стокса. Критерии подобия. Газодинамическое подобие потоков. Геометрическое подобие обтекаемых тел. Сила сопротивления. Коэффициенты сопротивления. Аналитические коэффициенты сопротивления. Коэффициенты гидравлического сопротивления участка цилиндрической трубы, шара и диска при медленном обтекании жидкости. Анализ размерностей физических величин. Определяющие параметры.</p>
P5	Турбулентность	<p>Устойчивость стационарного движения жидкости. Условие устойчивости. Устойчивость движения жидкости между двумя коаксиальными цилиндрами Ламинарное и турбулентное движение. Факторы, влияющие на критическое число Рейнольдса. Осреднение уравнения Навье-Стокса. Уравнения Рейнольдса. Тензор турбулентных напряжений. Коэффициент турбулентной вязкости. Теория турбулентности Прандтля. Турбулентное движение жидкости в трубах с гладкими стенками. Гидравлическое сопротивление труб с шероховатыми стенками. Эмпирические формулы Никурадзе. Физическая интерпретация наблюдаемых зависимостей. Развитая турбулентность. Мелко- и крупномасштабные пульсации. Закон Колмогорова-Обухова. Оценка размера мелкого масштаба.</p>
P6	Пограничный слой	<p>Уравнения Прандтля для пограничного слоя. Обтекание полубесконечной плоской пластинки с пограничным слоем. Сила трения. Толщина пограничного слоя. Толщина вытеснения. Интегральное уравнение Кармана. Отрыв пограничного слоя. Способы управления пограничным слоем. Турбулентный пограничный слой и кризис сопротивления Изменение характера обтекания шара при увеличении числа Рейнольдса. Кризис</p>

		сопротивления шара.
P7	Газовая динамика	<p>Параметры газа в заторможенном потоке. Зависимость давления, плотности и температуры от числа Маха в точке полного торможения потока. Температура торможения. Стационарный одномерный поток сжимаемого газа. Максимальная, местная и критическая скорости. Изменение плотности потока в сужающейся и расширяющейся трубке тока при до- и сверхзвуковом движении. Сопло Лаваля. Истечение газа из резервуара через сужающийся насадок. Формула Сен-ВенанаВентцеля. Предельные значения скоростей. Звуковая диафрагма. Распространение волн возмущения при до- и сверхзвуковом движении газа. Законы сохранения на поверхности разрыва. Уравнения, описывающие прямую ударную волну. Ударная адиабата (адиабата Гюгонь'о). Ударные волны слабой интенсивности. Косая ударная волна. Уравнение ударной поляры и её графическое изображение (строфоида). Определение угла поворота потока и угла косой ударной волны. Обтекание клина сверхзвуковым потоком. Отсоединённая ударная волна. Волна разрежения. Уравнения движения. Направление изменения термодинамических параметров и скоростей. Движение газа в волне разрежения при различных противодавлениях. Взаимодействие ударных с твёрдыми поверхностями и между собой, с поверхностью тангенциального разрыва скорости. Отрыв пограничного слоя за скачком уплотнения. Сопло Лаваля в нерасчётном режиме. Обтекание неограниченно широкой пластинки сверхзвуковым потоком идеального газа под некоторым углом атаки.</p>
P8	Магнитная гидродинамика	<p>Особенности движения проводящей жидкости в магнитном поле. Уравнения Максвелла. Уравнение движения проводящей жидкости в магнитном поле. Уравнение Навье-Стокса в магнитной гидродинамике. Уравнение непрерывности. Уравнение сохранения</p>

		<p>внутренней энергии. Система уравнений для несжимаемой жидкости. Вектор Умова. Принцип «вмороженности» магнитных силовых линий. Задача Гартмана. Установившееся движение проводящей жидкости между двумя параллельными плоскостями в поперечном магнитном поле. Профиль скорости. Магнитогидродинамические машины. Электромагнитные насосы. Индукционный насос. Электромагнитные насосы прямого действия. Магнитогидродинамический генератор.. Идентичность уравнений электродинамики для напряженности магнитного поля и гидродинамики для вихря, критерий их тождественности. Уравнение Бернулли в магнитной гидродинамике. Ударные волны в магнитной гидродинамике. Уравнение ударной адиабаты в магнитной гидродинамике. Влияние волн на сжатие и нагрев газа.</p>
--	--	--

1.3. Направление, виды воспитательной деятельности и используемые технологии

Таблица 1.2

Направление воспитательной деятельности	Вид воспитательной деятельности	Технология воспитательной деятельности	Компетенция	Результаты обучения
Профессиональное воспитание	учебно-исследовательская, научно-исследовательская	Технология самостоятельной работы	ПК-5 - Способен организовать и провести работы, связанные с учетом ядерных материалов и обеспечением ядерной безопасности при хранении, использовании и транспортировке ядерного топлива на атомных станциях	У-3 - Выбирать алгоритм решения уравнения и системы дифференциальных уравнений применительно к реальным процессам

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Физическая гидрогазодинамика

Электронные ресурсы (издания)

1. Ландау, Л. Д.; Краткий курс общей физики. Механика и молекулярная физика : монография.; Наука, Москва; 1969; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=474071> (Электронное издание)
2. Фабрикант, Н. Я.; Аэродинамика. Общий курс : монография.; Наука, Москва; 1964; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=474066> (Электронное издание)
3. Кураев, А. А.; Прикладная гидрогазодинамика : учебное пособие. 1. Гидродинамика; Новосибирский государственный технический университет, Новосибирск; 2018; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=573832> (Электронное издание)
4. Лойцянский, Л. Г.; Механика жидкости и газа; Государственное издательство технико-теоретической литературы, Москва, Ленинград; 1950; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=256639> (Электронное издание)

Печатные издания

1. , Черный, Г. Г., Крайко, А. Н., Ватажин, А. Б., Любимов, Г. А.; Механика жидкости и газа : Избранное : К восьмидесятилетию академика РАН Горимира Горимировича Черного.; ФИЗМАТЛИТ, Москва; 2003 (1 экз.)
2. Ландау, Л. Д.; Теоретическая физика : Учеб. пособие для физ. спец. ун-тов: В 10 т. Т. 6. Гидродинамика; Наука, Москва; 1988 (8 экз.)
3. Ландау, Л. Д., Пиастровский, Л. П.; Теоретическая физика : Учеб. пособие для физ. спец. ун-тов : В 10 т. Т. 3. Квантовая механика. Нерелятивистская теория.- 4-е изд., испр. ; Наука, Москва; 1989 (34 экз.)
4. Седов, Л. И.; Механика сплошной среды : учебник для вузов: в 2 т. Т. 1. ; Лань, Санкт-Петербург; 2004 (15 экз.)
5. Лойцянский, Л. Г.; Механика жидкости и газа : [учебник для вузов].; Наука, Москва; 1987 (8 экз.)
6. Прандтль, Л., Вольперт, Г. А.; Гидроаэромеханика; РХД, Москва; 2000 (3 экз.)

Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы

Материалы для лиц с ОВЗ

Весь контент ЭБС представлен в виде файлов специального формата для воспроизведения синтезатором речи, а также в тестовом виде, пригодном для прочтения с использованием экранной лупы и настройкой контрастности.

Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

1. <http://window.edu.ru/library> Электронная библиотека Федерального портала по российскому образованию.
2. <http://www.bibliorossica.com>. Тестовый доступ к ресурсам библиотеки «БиблиоРоссика» от американского издательства Academic Studies Press (Бостон, США).
3. <http://lib2.urfu.ru/rus/news/> Зональная научная библиотека УрФУ им. первого Президента России Б.Н. Ельцина.

4. <http://www.informika.ru/projects/infotech/window/> Федеральный портал «Единое окно доступа к образовательным ресурсам»
5. <http://16-2-07.edusite.ru/p33aa1.html> Образовательные ресурсы сети Интернет
6. <http://elementy.ru/law/vuz.htm> Научно-популярный проект «Элементы»
7. <http://atomicexpert.com> Журнал «Атомный эксперт», электронный ресурс

3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Физическая гидрогазодинамика

Сведения об оснащении дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением

Таблица 3.1

№ п/п	Виды занятий	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения
1	Лекции	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная Периферийное устройство	Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM
2	Практические занятия	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная Периферийное устройство	Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM
3	Лабораторные занятия	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами	Не требуется

